

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 08-106873

(43)Date of publication of application : 23.04.1996

(51)Int.Cl.

H01J 37/20

H01J 37/22

(21)Application number : 06-239784

(71)Applicant : HITACHI LTD

(22)Date of filing : 04.10.1994

(72)Inventor : KAKIBAYASHI HIROSHI  
NAKAMURA KUNIYASU  
TOKIDA RURIKO

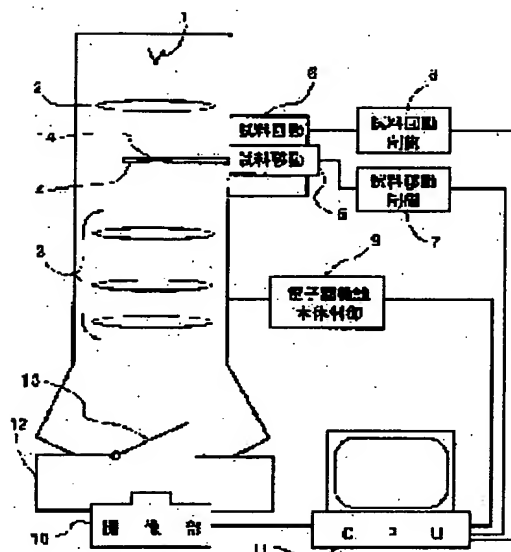
## (54) ELECTRON MICROSCOPE DEVICE

## (57)Abstract:

**PURPOSE:** To precisely and automatically correct a slippage by providing a sample rotating mechanism, a sample moving mechanism, and their control means, and receiving a generated position correcting signal to return an area to be observed to the space position before the inclination of a sample.

**CONSTITUTION:** The inclination of an actual sample 14 is kept in  $0^\circ$ , a sample moving mechanism 5 is driven by a CPU 11 while observing its electron microscopic image on a display to move a specified area to be observed to the center of the visual field. The sample, 14 is then inclined by a required angle by a sample rotating mechanism 6, the slippage of the required angle is determined on the basis of the preliminarily stored slippage information by the CPU, and a position correcting signal of the value of the reversed sign is generated and transmitted to a sample moving mechanism control system 8. The control system 8

moves the position of the actual sample 14 so that the area to be observed after inclination is returned to the space position before inclination. Thus, the crystal structure of the sample can be regularly observed with a high magnification and the same visual field normal focus.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

BEST AVAILABLE COPY

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-106873

(43) 公開日 平成8年(1996)4月23日

(51) Int.Cl.<sup>8</sup>

H 0 1 J 37/20  
37/22

識別記号

C  
5 0 1 C

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数11 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願平6-239784

(22) 出願日 平成6年(1994)10月4日

(71) 出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72) 発明者 柿林 博司

東京都国分寺市東恋ヶ窪1丁目280番地

株式会社日立製作所中央研究所内

(72) 発明者 中村 邦康

東京都国分寺市東恋ヶ窪1丁目280番地

株式会社日立製作所中央研究所内

(72) 発明者 常田 るり子

東京都国分寺市東恋ヶ窪1丁目280番地

株式会社日立製作所中央研究所内

(74) 代理人 弁理士 蔭田 利幸

(54) 【発明の名称】 電子顕微鏡装置

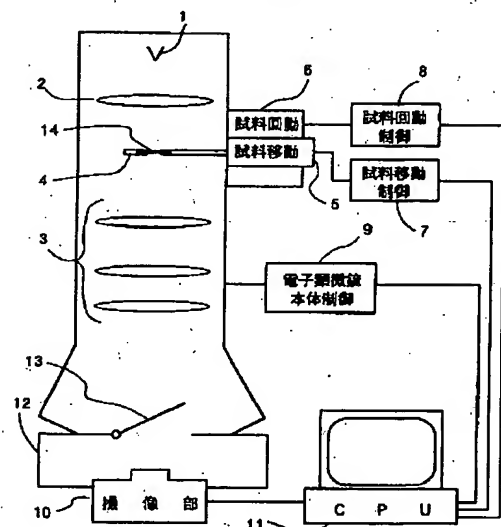
(57) 【要約】

【目的】 試料傾斜時における観察対象領域の位置ずれの補正を精密かつ自動的に行なうことができる改良された電子顕微鏡装置を提供すること

【構成】 試料傾斜時に発生する観察対象領域の位置ずれの補正信号を生成するための手段を試料移動機構制御手段に配備する。試料移動機構は、この位置補正信号を受けて動作し、観察対象領域が試料傾斜前の空間位置に戻るよう試料位置を補正する。

【効果】 試料傾斜に伴う観察対象領域の位置ずれ及び焦点ずれを10nmオーダ以下の精度で補正することができる。

図1



- 1 電子銃 2 照射レンズ系 3 結像レンズ系  
4 試料ホルダ 5 試料移動機構 6 試料回転機構  
7 試料移動機構制御系 8 試料回転機構制御系  
9 電子顕微鏡本体制御系 10 撮像装置 11 電子計算機  
12 カメラ室 13 蛍光板 14 試料

## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】電子線源と、電子線を集束して試料に照射するための照射レンズ系と、試料を搭載するための試料ホルダと、試料の電子顕微鏡像を結像させるための結像レンズ系と、電子顕微鏡像を検出して電気信号に変換するための撮像装置と、電子線軸と直交する面に対して試料を傾斜させるための試料回転機構と、試料位置を調整するための試料移動機構と、試料回転機構及び試料移動機構を制御するための制御手段を少なくとも備えた電子顕微鏡装置において、前記制御手段は、試料傾斜時に発生する観察対象領域の位置ずれの補正信号を生成するための手段を含むものであり、かつ、前記試料移動機構は、当該信号生成手段による位置補正信号を受けて動作し、観察対象領域が試料傾斜前の空間位置に戻るよう試料位置を補正する機能を有するものであることを特徴とする電子顕微鏡装置。

【請求項 2】リニアアクチュエータを用いて前記試料移動機構を構成したことを特徴とする請求項 1 に記載の電子顕微鏡装置。

【請求項 3】ピエゾ素子からなるアクチュエータを用いて前記試料移動機構を構成したことを特徴とする請求項 1 に記載の電子顕微鏡装置。

【請求項 4】アバランシェ増倍撮像素子を用いて前記撮像装置を構成したことを特徴とする請求項 1～請求項 3 のいずれかに記載の電子顕微鏡装置。

【請求項 5】電子線光軸方向における断面形状が試料搭載部付近で薄くなるように前記試料ホルダを形成したことを特徴とする請求項 1～請求項 4 のいずれかに記載の電子顕微鏡装置。

【請求項 6】前記補正信号生成手段は、撮像装置の出力信号（電子顕微鏡像）を処理することにより、所望の異なる傾斜角度における標準試料中の標的領域の位置ずれ量を検出するための画像処理手段と、検出した位置ずれ量の情報を格納するための記憶手段を備え、かつ、観察者による実試料傾斜角度及び観察対象領域の指定があった場合、当該記憶手段に格納されている情報に基づいて位置補正信号を生成するように構成されていることを特徴とする請求項 1～請求項 6 に記載の電子顕微鏡装置。

【請求項 7】前記画像処理手段は、標準試料の傾斜前後における電子顕微鏡像を比較することにより、電子線光軸に直交する面における標的領域の位置ずれ量を検出するように構成されていることを特徴とする請求項 6 に記載の電子顕微鏡装置。

【請求項 8】前記画像処理手段は、標準試料の電子顕微鏡像に現われたフレネル縞の強度分布を計測することにより、電子線光軸方向における標的領域の位置ずれ量を検出するように構成されていることを特徴とする請求項 6 に記載の電子顕微鏡装置。

【請求項 9】前記補正信号生成手段は、撮像装置の出力信号（電子顕微鏡像）を処理することにより、設定され

た特定の傾斜角度における実試料中の観察対象領域の位置ずれ量を検出するための画像処理手段を備え、かつ、検出した位置ずれ量に基づいて位置補正信号を生成するように構成されていることを特徴とする請求項 1～請求項 6 に記載の電子顕微鏡装置。

【請求項 10】前記画像処理手段は、実試料の傾斜前後における電子顕微鏡像を比較することにより、電子線光軸に直交する面における観察対象領域の位置ずれの量を検出するように構成されていることを特徴とする請求項 9 に記載の電子顕微鏡装置。

【請求項 11】前記画像処理手段は、実試料の電子顕微鏡像に現われたフレネル縞の強度分布を計測することにより、電子線光軸方向における観察対象領域の位置ずれの量を計測するように構成されていることを特徴とする請求項 9 に記載の電子顕微鏡装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、電子顕微鏡装置、特に試料傾斜時の位置補正機能を備えた電子顕微鏡装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】試料中の微細構造を電子顕微鏡を用いて観察する場合、試料を傾斜して電子線の入射方向を変化させる必要が生ずることがある。例えば、シリコン(Si)や砒化ガリウム(GaAs)の基板上に形成したデバイス構造を観察する場合は、当該デバイス構造が基板の結晶方位（例えば[001] [110] [211]）と垂直又は平行であるため、入射電子線を結晶方位に合わせる必要がある。また、生物試料を立体観察する場合は、電子線の入射方向を数度～数十度変えて撮影する必要がある。しかし、観察対象領域が試料回転中心から離れている場合は、試料の傾斜に伴って同領域の位置がずれ、電子顕微鏡の視野から外れてしまうという障害が生ずる。このため、試料傾斜後の観察対象領域を同一視野において正焦点（焦点が合った状態）で観察するには、傾斜角度に対応して試料位置を微細に補正する必要がある。

【0003】この種の補正が可能な従来の装置としては、例えば特開平 1-31337 号公報記載の装置がある。この従来装置は、ユーセントリック機構を用いて試料ホルダにすりこぎ運動を起こさせることにより、試料の位置補正を行なうものであるが、構成部品相互間の滑りや回転部分の摩擦のほか、機械的な精度不足などによって完全な位置補正ができない点で問題がある。この従来装置を用いた本発明者の経験によれば、例えば試料を電子線光軸に対して 60 度傾斜させた場合、試料中の観察対象領域が三次元的に 5 μm 程度ずれることがある。このことは、電子顕微鏡像の結像面（例えば蛍光板）における位置ずれが倍率 1 万倍の場合で 5 cm、倍率 10 万倍の場合で 50 cm に達することを意味し、数万倍以下の低倍率の場合はともかく、原子配列観察に必要とす

る数十万倍以上の高倍率の場合は、観察対象領域を完全に見失うことになる。しかも、この種の位置ずれは、試料の傾斜角度が大きければ大きいほど顕著となる。

#### 【0004】

【発明が解決しようとする課題】本発明の目的は、従来技術の前記問題点を解消し、試料傾斜時における観察対象領域の位置ずれの補正を精密かつ自動的に行なうことができる改良された電子顕微鏡装置を提供することにある。

#### 【0005】

【課題を解決するための手段】本発明の前記目的は、試料傾斜時に発生する観察対象領域の位置ずれの補正信号を生成するための手段を試料移動機構制御手段に配備することによって解決することができる。但し、試料移動機構は、当該位置補正信号を受けて動作し、観察対象領域が試料傾斜前の空間位置に戻るよう試料位置を補正する機能を有するものであることが必要である。

【0006】位置補正信号生成手段は、撮像装置の出力信号（電子顕微鏡像）を処理することによって所望の異なる傾斜角度における標準試料中の標的領域の位置ずれ量を検出するための画像処理手段と、検出した位置ずれ量の情報を格納するための記憶手段を備え、かつ、観察者による実試料傾斜角度及び観察対象領域の指定があった場合、当該記憶手段に格納されている情報に基づいて位置補正信号を生成するように構成することが望ましく、このように構成すれば、実試料傾斜角度及び観察対象領域の指定をするだけで、その後の操作が自動的に進行する。

【0007】なお、位置補正信号生成手段は、撮像装置の出力信号（電子顕微鏡像）を処理することにより、設定された特定の傾斜角度における実試料中の観察対象領域の位置ずれ量を検出するための画像処理手段を備え、かつ、検出した位置ずれ量に基づいて位置補正信号を生成するように構成することも可能であり、このように構成すれば、位置ずれ量の情報を記憶手段に予め格納するための作業を省略することができる。

【0008】電子線光軸に直交する面における標的領域（標準試料）又は観察対象領域（実試料）の位置ずれ量は、試料傾斜前後における電子顕微鏡像を比較することによって検出することが可能であり、一方、電子線光軸方向における標的領域又は観察対象領域の位置ずれ量は、試料の電子顕微鏡像に現われたフレネル縞の強度分布を計測することによって検出することが可能である。

#### 【0009】

【作用】本発明は、位置補正信号を用いて試料移動機構を制御するものであるから、試料ホルダや試料回転機構及び試料移動機構などの機械的構造に起因する誤差を補正するための成分を位置補正信号に含ませることが可能である。また、標準試料又は実試料を利用する場合は、機械的構造に起因する誤差を含んだ位置ずれ量を実測す

ることになるため、検出結果に基づいて生成した位置補正信号には、この種の誤差を補正するための成分が必然的に含まれている。従って、本発明に係る電子顕微鏡を用いた場合は、実試料の傾斜角度の如何にかかわらず、試料中の観察対象領域を10nmオーダ以下の精度で自動的に試料傾斜前の空間位置に戻すことができるため、目的とする観察対象領域を同一視野において正焦点で観察することが常に可能となる。

#### 【0010】

10 【実施例】以下、本発明に係る電子顕微鏡装置を図面に示した実施例を参照して更に詳細に説明する。図1の基本構成図に示すように、本実施例の電子顕微鏡装置は、電子銃1、照射レンズ系2、結像レンズ系3、試料ホルダ4、試料移動機構5、試料回転機構6、試料移動機構制御系7、試料回転機構制御系8、電子顕微鏡本体制御系9、撮像装置10、電子計算機11、カメラ室12、蛍光板13などから構成されている。なお、図2～図7における図1と同一の記号は、いずれも同一物又は類似物を示すものとする。

20 【0011】試料移動機構5及び試料回転機構6の詳細構造を図2に示す。前者の試料移動機構5は、パルスモータ及びエンコーダ（図示せず）からなる3個のリニアアクチュエータ15～17をもって構成した。これらのアクチュエータは、パルスモータの回転移動量をエンコーダを用いて減速することにより、回転移動量を例えば数nm以下の精度で直線移動量に変換するものである。試料ホルダ4は、X軸方向アクチュエータ15、Y軸方向アクチュエータ16及びZ軸方向アクチュエータ17と適当な部位において当接させ、三次元方向の微細調整

30 が可能なように構成した。なお、Z軸方向は、電子線の光軸方向を意味し、X軸及びY軸は、Z軸と直交する面における電子顕微鏡管体の半径方向及び接線方向を意味する。

【0012】後者の試料回転機構6は、試料ホルダ4をX軸周りに回転させるためのパルスモータ6b及び歯車6cと、同ホルダをY軸周りに回転させるためのリニアアクチュエータ、ロッド及びバネ（後述）をもって構成し、その端面6aは、詳細図示せざるも、電子顕微鏡管体に固定した。試料回転機構6による試料ホルダ4の傾斜角度設定精度は、少なくとも0.1度以下であることが望ましい。

40 【0013】試料ホルダ4の先端部分の構造を図3に示す。試料14を搭載するための試料台18は、Y軸周りの回転が可能ないように、軸30を介して試料ホルダ4に取り付けた。試料台18の一侧には、楔状端部を有するロッド19をX軸方向の移動が可能ないように配設し、かつ、試料台18の他側には、同試料台の傾斜角度を安定に保持するためのバネ20を配設した。ロッド19は、その端部を試料台18下面に押し込むことにより、同試料台をY軸周りに傾斜させるように機能するものであ

る。なお、試料台18は、試料傾斜角度が数十度以上になる場合でも入射電子線を遮ることがないように、Z軸方向における断面形状が試料搭載部付近で薄くなるように形成した。また、試料台18に対する試料14の固定は、ガス放出の少ない接着剤（例えば銀ペースト）を用いて行なった。入射電子線を遮る可能性がある通常の分厚い固定用治具は、なるべく使用しないことが望ましい。

【0014】試料移動機構5の変形例を図4に示す。同図の試料移動機構は、X軸、Y軸及びZ軸の各方向への伸縮が可能な円柱状ピエゾ素子22を使用し、かつ、その先端に試料台18を設置することにより、同試料台の三次元的移動が可能な構造とした。この種の試料移動機構は、円柱状ピエゾ素子22に印加する電圧及び温度を安定化することにより、位置設定の精度を100分の1ナノメートルオーダーにすることができるため、図3に示した試料移動機構に比較して観察対象領域の位置ずれ補正をより微細に行なうことが可能である。

【0015】試料移動機構5及び試料回転機構6は、電子計算機11と連動させ、かつ、同計算機には、撮像装置10の出力信号（電子顕微鏡像）を画像処理するためのソフトウェアを搭載し、加減乗除等の画像間演算、高速フーリエ変換、フィルタリングその他の必要な演算の実行が可能なように構成した。撮像装置10は、その出力信号である電子顕微鏡像に現われる位置ずれ量を精度良く検出するため、感度、解像度及びS/N比等において優れているアバランシェ増倍撮像素子（通称ハーピコン）を使用した。なお、電子計算機11は、詳細図示せざるも、電子顕微鏡本体制御系9を介して電子線加速電圧、エミッション電流、像倍率などを併せて制御することができるよう構成した。

【0016】本実施例の電子顕微鏡装置による位置ずれ補正を図5を参照して説明する。同図において点線で示したように、試料14を相対面角度 $\theta$ で傾斜させた場合、当該試料中の観察対象領域21は、太線21aで示した位置から細線21bで示した位置に移動する。この場合におけるX軸及びY軸方向の位置ずれ量（ $\Delta X$ 、 $\Delta Y$ ）とZ方向の位置ずれ量（ $\Delta Z$ ）は、原理的には、幾何学的に算出することが可能であるが、本実施例では、試料ホルダや試料回転機構及び試料移動機構などの機械的な構造部品に起因する誤差を併せて補正するため、電子計算機に搭載した画像処理ソフトウェアを利用し、実測によって求めた。なお、Z方向の位置ずれ量（ $\Delta Z$ ）は、焦点ずれ量を意味するから、電子顕微鏡の焦点調整摘みのノッチ数又は自動焦点調整装置における電子光学系の制御電流から近似的に求めることも可能である。

【0017】本発明者は、結晶構造が既知であるシリコン基板を標準試料として使用し、当該試料を電子顕微鏡に搭載した後、傾斜中又は傾斜前後の電子顕微鏡像を撮像装置から取り出して電子計算機に記録し、記録像を画

像処理することによって所望の異なる傾斜角度における標準試料中の標的領域（識別が容易な結晶構造部分）位置ずれ量を実測した。まず、図6に示すように、或る試料傾斜角 $\theta_1$ における電子顕微鏡像を電子計算機のディスプレイ上に表示し、選択した特定の標的領域についてその座標（ $X_1$ 、 $Y_1$ ）を求めた。次に、別の試料傾斜角 $\theta_2$ における電子顕微鏡像を電子計算機のディスプレイ上に表示して当該標的領域の位置ずれ後の座標（ $X_2$ 、 $Y_2$ ）を求め、両座標の差を演算することにより、X軸方向及びY軸方向の位置ずれ量（ $\Delta X$ 、 $\Delta Y$ ）を得た。

【0018】Z軸方向の位置ずれ量（ $\Delta Z$ ）は、図7に示すように、フレネル縞の強度分布を計測することによって求めた。フレネル縞は、試料端部や結晶粒界、界面等の電子顕微鏡像に現われる干渉縞の一種であって、不足焦点の場合（図a）は明るい縞になり、過焦点の場合（図b）は暗い縞になる。正焦点の場合は、図示せざるも、縞が消滅する。従って、本発明者は、画像処理によってフレネル縞の強度分布を計測、この強度分布を既知のフレネル縞の強度分布又は電子計算機の演算により求めた強度分布（例えばマルチスライス法でシミュレートしたフレネル縞の強度分布）と比較することによってZ軸方向の位置ずれ量（ $\Delta Z$ ）を求めた。

【0019】同様の予備作業を複数の標的領域について繰り返して実行し、それらの位置ずれ量を電子計算機の記憶装置に格納した。

【0020】実際の試料観察は、電子計算機に記憶させた位置ずれ量の情報を用いて行なった。まず、実試料の傾斜角度を0度（電子線光軸との直交面）に維持し、当該試料の電子顕微鏡像を電子計算機のディスプレイ上で観察しながら、同計算機を用いて試料移動機構を駆動し、特定の観察対象領域（例えば図5の観察対象領域21a）が視野の中心に来るようにした。次に、試料回転機構により所望の角度 $\theta$ だけ実試料を傾斜させ、この状態で電子計算機による演算を開始した。電子計算機は、予め記憶した位置ずれ量の情報に基づき傾斜角度 $\theta$ におけるX軸方向、Y軸方向及びZ軸方向の位置ずれ量（図5における $\Delta X$ 、 $\Delta Y$ 、 $\Delta Z$ ）を求め、その位置ずれ量の逆符号の値の位置補正信号を生成して試料移動機構制御系8（図1参照）に送り込んだ。同制御系は、試料移動機構を動作させ、試料傾斜後の観察対象領域（図5における21b）が試料傾斜前の空間位置に戻るよう実試料の位置を移動した。実試料の傾斜角度を変化させた場合も、同様の操作を繰り返した。傾斜角度毎に行なった以上の位置補正において、実試料の観察対象領域21は試料ホルダ4の実際の回転中心となるため、この領域を電子顕微鏡像において常に一定の位置で且つ正焦点で観察できた。観察者が行なう操作は、実試料傾斜角度及び観察対象領域の指定のみであり、その後の操作は、すべて電子計算機を用いて行なった。

【0021】以上の補正操作は、標準試料を用いて電子

顕微鏡に記憶させた位置ずれ量の情報を用いて行なうものであるが、本発明の目的とする試料位置の補正は、実試料を傾斜して観察する過程で求めた位置ずれ情報を用いて行なうこともできる。即ち、実試料を電子顕微鏡に搭載し、当該試料の電子顕微鏡像を電子計算機のディスプレイ上で観察しながら試料傾斜角度を変化させ、前記の場合と同様の要領により、特定の観察対象領域について傾斜前後の位置ずれ量を求める。このようにして求めた位置ずれ量の情報に基づいて位置補正信号を生成すれば、標準試料について位置ずれ量を測定して電子計算機に記録するという煩雑な予備作業を省略することが可能である。

#### 【0022】

【発明の効果】本発明によれば、試料傾斜角度の変化に対する観察対象領域の位置ずれを10nmオーダー以下の精度で補正することができるため、試料を任意の角度で傾斜させながら、その結晶構造を高倍率かつ同一視野、正焦点で観察することが可能となる。しかも、試料の観察対象領域の位置ずれ量を、従来技術の100分の1以下に改善することが可能である。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係る電子顕微鏡装置の一実施例を示す全体構成図。

\*【図2】試料移動機構及び試料回転機構の一具体例を示す斜視図。

【図3】試料回転機構の詳細構造を説明するための試料ホルダ先端部斜視図。

【図4】試料移動機構の変形例を示す試料ホルダ先端部斜視図。

【図5】観察対象領域の位置ずれ補正を説明するための概念図。

【図6】電子顕微鏡像に現われる観察対象領域の位置ずれ量を示す説明図。

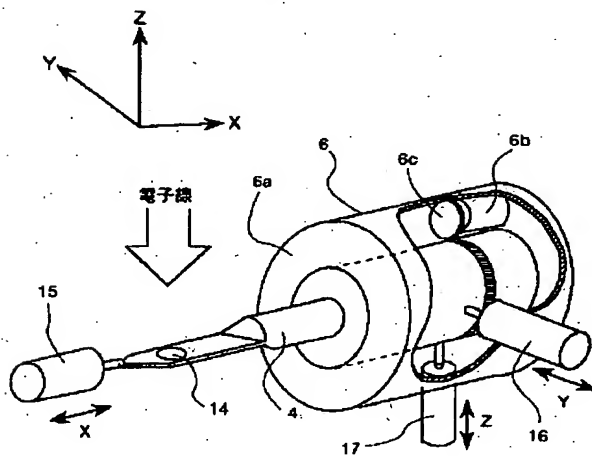
【図7】電子顕微鏡像に現われるフレネル縞の強度分布を示す説明図。

#### 【符号の説明】

1…電子銃、2…照射レンズ系、3…結像レンズ系、4…試料ホルダ、5…試料移動機構、6…試料回転機構、7…試料移動機構制御系、8…試料回転機構制御系、9…電子顕微鏡本体制御系、10…撮像装置、11…電子計算機、12…カメラ室、13…蛍光板、14…試料、15…X軸方向アクチュエータ、16…Y軸方向アクチュエータ、17…Z軸方向アクチュエータ、18…試料台、19…ロッド、20…バネ、21…観察対象領域、22…円柱状ピエゾ素子、30…軸。

【図2】

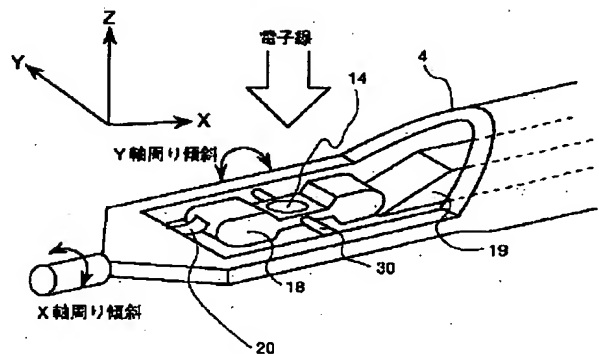
図2



4 試料ホルダ 6 試料回転機構 6a 試料回転機構端面  
6b パルスモータ 6c 歯車 14 試料  
15 X軸方向アクチュエータ 16 Y軸方向アクチュエータ  
17 Z軸方向アクチュエータ

【図3】

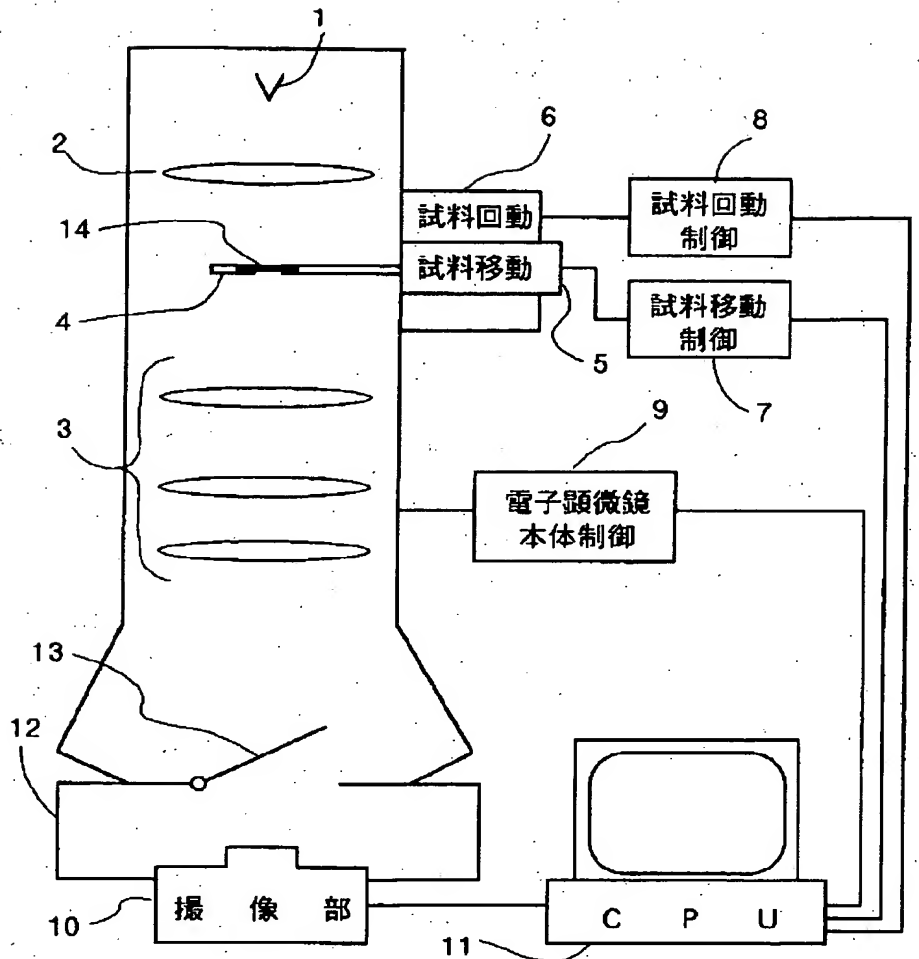
図3



4 試料ホルダ 14 試料 18 試料台 19 ロッド  
20 バネ 30 軸

【図 1】

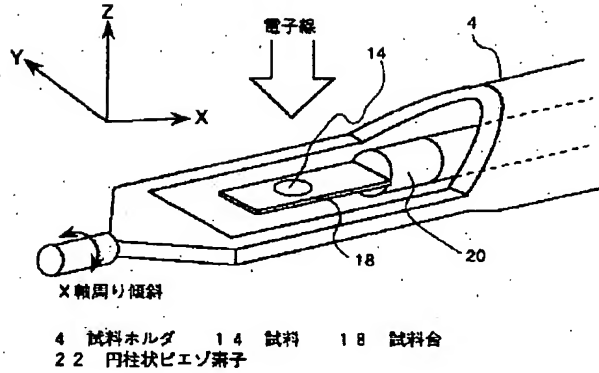
図 1



- 1 電子銃    2 照射レンズ系    3 結像レンズ系  
 4 試料ホルダ    5 試料移動機構    6 試料回動機構  
 7 試料移動機構制御系    8 試料回動機構制御系  
 9 電子顕微鏡本体制御系    10 撮像装置    11 電子計算機  
 12 カメラ室    13 蛍光板    14 試料

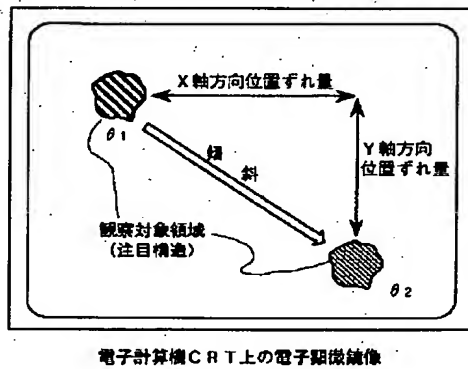
【図 4】

図 4



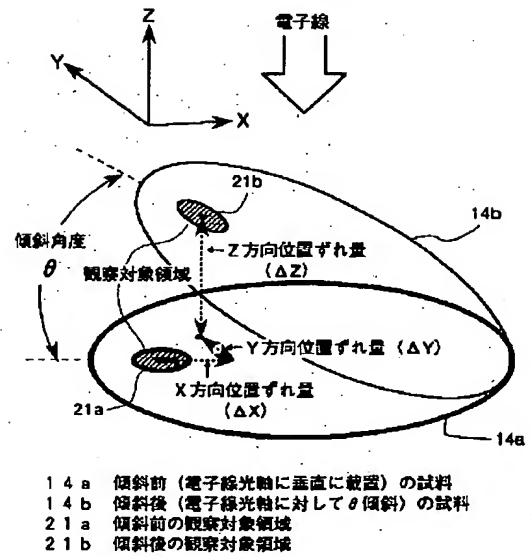
【図 6】

図 6



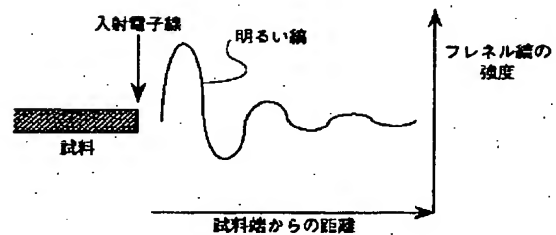
【図 5】

図 5

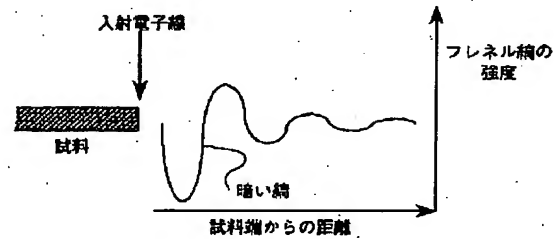


【図 7】

図 7



(a) 不足焦点の場合



(b) 過焦点の場合